

DERWENT- 1992-058852

ACC-NO:

DERWENT- 199208

WEEK:

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Magnetic field sensor for electromagnetic wiggler - has magnetic bar of high permeability supporting primary coil connected to HF source and secondary coil with capacitor

INVENTOR: PRANAL, Y

PATENT-ASSIGNEE: COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE[COMS]

PRIORITY-DATA: 1990FR-0006859 (June 1, 1990)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
FR 2662812	A December 6, 1991	N/A	000	N/A

INT-CL (IPC): G01R033/00

ABSTRACTED-PUB-NO: FR 2662812A

BASIC-ABSTRACT:

The sensor includes a magnetic core shaped as a bar (4) of material with high magnetic permeability. The bar supports a primary coil (6) at one extremity, and a secondary coil (8) at the opposite extremity. The coils are placed at a distance which eliminates any possible mutual induction.

The bar is made up of a stack of electrically insulated blades in order to minimise eddy currents. The sensor is supplied from a HF voltage source (10). A capacitor (12) is connected between the terminals of the secondary coil.

USE/ADVANTAGE - For controlling magnetic field in free-electron laser. Is not affected by radiation present in laser accelerator. Is not dependent on ambient temperature and has reduced volume. Has high sensitivity and improved linearity.

CHOSEN- Dwg.3/6  
DRAWING:

TITLE- MAGNETIC FIELD SENSE ELECTROMAGNET WIGGLER MAGNETIC BAR  
TERMS: HIGH PERMEABLE SUPPORT PRIMARY COIL CONNECT HF SOURCE  
SECONDARY COIL CAPACITOR

DERWENT-CLASS: S01 V08

EPI-CODES: S01-E; S01-H05; V08-A04E;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1992-044644

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

⑪ N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 662 812

⑫ N° d'enregistrement national :

90 06859

⑬ Int Cl<sup>5</sup> : G 01 R 33/00

⑭

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑮ Date de dépôt : 01.06.90.

⑯ Priorité :

⑰ Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE  
ATOMIQUE Etablissement de Caractère Scientifique,  
Technique et Industriel — FR.

⑱ Inventeur(s) : Pranal Yves.

⑲ Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 06.12.91 Bulletin 91/49.

⑳ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

㉑ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

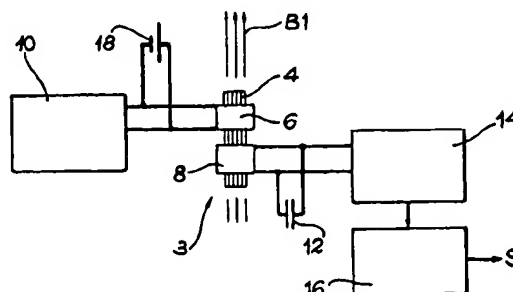
㉒ Titulaire(s) :

㉓ Mandataire : Brevatome.

㉔ Dispositif de détection d'un champ magnétique utilisant un circuit magnétique en alliage magnétique doux et système de régulation d'un champ magnétique comportant ce dispositif.

㉕ Le dispositif comprend un circuit magnétique (4) en alliage magnétique doux et, sur ce circuit magnétique, au moins un bobinage (6, 8), la tension électrique, qui apparaît entre les bornes du bobinage lorsque le dispositif est placé dans un champ magnétique (B1) conduisant à la saturation de l'alliage magnétique doux du circuit magnétique, permettant de détecter ce champ magnétique et les variations de celui-ci. Le champ magnétique peut être maintenu à une valeur de référence à partir du champ détecté.

Application à la régulation du champ magnétique dans un onduleur de laser à électrons libres.



FR 2 662 812 - A1



DISPOSITIF DE DETECTION D'UN CHAMP MAGNETIQUE  
UTILISANT UN CIRCUIT MAGNETIQUE EN ALLIAGE MAGNETIQUE  
DOUX ET SYSTEME DE REGULATION D'UN CHAMP MAGNETIQUE  
COMPORTANT CE DISPOSITIF

5

## DESCRIPTION

La présente invention concerne un dispositif de détection d'un champ magnétique.

Elle s'applique notamment à la régulation d'un champ magnétique et, en particulier, à la  
10 régulation du champ magnétique d'un onduleur ("wiggler" selon la terminologie anglo-saxonne) de laser à électrons libres.

Des indications sur un tel laser sont données en particulier dans l'article de J.M. ORTEGA et M.  
15 BILLARDON auquel on pourra se reporter et qui est intitulé "Le laser à électrons libres" et publié dans la revue Pour la Science, avril 1986, pp.91 à 100.

On sait que, dans un tel laser, un champ  
20 magnétique B statique et spatialement périodique, appliqué transversalement à l'axe Z de propagation d'un faisceau d'électrons relativistes, permet de transférer l'énergie de ces derniers à un rayonnement électromagnétique cohérent. Re sous certaines  
25 conditions.

Les électrons oscillent dans un plan XZ perpendiculaire au champ magnétique B, celui-ci restant parallèle à un axe Y qui est perpendiculaire au plan XZ (X perpendiculaire à Z) comme on le voit sur la figure  
30 1.

Le champ magnétique peut être engendré au moyen d'un onduleur comportant des aimants permanents 2 qui sont disposés périodiquement le long de l'axe Z et dont les pôles nord N et sud S sont alternés (voir la  
35

figure 1).

On obtient ainsi le champ magnétique B variable le long de l'axe Z et parallèle à l'axe Y qui est perpendiculaire à Z (voir figure 1).

5 L'optimisation du rendement d'un laser à électrons libres conduit à imposer de très fortes contraintes de qualité sur la réalisation technologique de l'onduleur de ce laser.

10 En particulier, le champ magnétique B créé dans l'onduleur et mesuré sur l'axe Z, doit être défini avec une précision relative de l'ordre de  $10^{-3}$  pour permettre un fonctionnement correct du laser.

15 Or, malgré l'utilisation d'un onduleur à structure magnétique rigide, chaque entrefer de l'onduleur fluctue avec la température ambiante et il en résulte des fluctuations du champ magnétique dans l'onduleur.

20 Les variations de température ambiante perturbent également le champ magnétique lui-même (qui est créé par les aimants permanents 2).

Il serait donc intéressant de disposer d'un système de régulation du champ magnétique B pour optimiser les performances du laser à électrons libres.

25 Ce système permettrait de s'affranchir des dérives temporelles du champ B effectivement mesuré sur l'axe Z par un asservissement automatique.

De plus, la possibilité offerte par un tel système, d'effectuer des ajustements fins du champ B et ce, en temps réel, serait très intéressante.

30 En effet, on pourrait ainsi agir sur l'onduleur pour corriger certains défauts ou pour optimiser le profil de B par une analyse en temps réel des conséquences d'une variation de B sur le faisceau laser.

35 La régulation du champ magnétique nécessite

deux éléments, à savoir des moyens de correction actifs (par exemple des bobines de correction) et des moyens appropriés de détection du champ magnétique.

On connaît deux types de moyens de détection susceptibles d'être utilisés dans un onduleur où les gradients de champ magnétique sont très élevés, à savoir les bobines tournantes et les jauges de Hall.

Les bobines tournantes résistent bien à l'environnement fortement rayonnant créé par l'accélérateur d'électrons qui est associé à l'onduleur mais nécessitent un mécanisme de manoeuvre délicat, ce qui conduit à un encombrement prohibitif lorsque le nombre de détecteurs de champ magnétique est important (30 par mètre par exemple).

Les jauges de Hall ont un très faible volume (de l'ordre de  $2 \text{ mm}^3$ ), ce qui permet de les insérer dans les espaces résiduels des entrefers de l'onduleur.

Cependant ce sont des dispositifs semiconducteurs et, de ce fait, leur résistance aux radiations présentes dans l'environnement d'un accélérateur n'est pas garantie.

De plus, pour atteindre la précision de mesure souhaitée (de l'ordre de  $10^{-3}$ ), une stabilisation de la température des jauges de Hall à  $10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}$  près est nécessaire, ce qui complique les moyens de détection.

La présente invention vise un dispositif de détection de champ magnétique qui ne présente pas les inconvénients précédents.

En effet :

a) il résiste bien aux rayonnements présents dans l'environnement d'un accélérateur,

b) il est très faiblement dépendant de la température et

c) il est réalisable de façon à n'occuper

qu'un très faible volume.

Le dispositif de détection de champ magnétique objet de la présente invention est caractérisé en ce qu'il comprend un circuit magnétique en alliage magnétique doux et en ce qu'il comprend  
5 aussi, sur ce circuit magnétique, au moins un bobinage.

La tension électrique, qui apparaît entre les bornes du bobinage lorsque le dispositif est placé dans un champ magnétique conduisant à la saturation de  
10 l'alliage magnétique doux du circuit magnétique, permet de détecter ce champ magnétique et les variations de celui-ci.

Par alliage magnétique doux, on entend un matériau dont les principales caractéristiques sont la  
15 très grande perméabilité magnétique (100 000 par exemple) et le très faible champ coercitif (1 A/m par exemple).

Ce matériau peut être choisi dans le groupe comprenant le Mumétal, le Permimphy et le Satimphy.

Le dispositif objet de la présente invention est un détecteur de très grande sensibilité, qui exploite le fait qu'un alliage magnétique doux utilisé dans sa zone de fonctionnement saturée présente de très  
20 grandes variations de perméabilité magnétique en fonction du champ magnétique extérieur.

Le circuit magnétique du dispositif peut être très court et son entrefer très important.

Dès lors, on peut saturer l'alliage magnétique doux avec un faible champ magnétique (de  
30 l'ordre de un centième ou de quelques centièmes de Tesla, par exemple 0,015 T).

Pour obtenir un très grand entrefer, il suffit d'utiliser un circuit magnétique en forme de barreau.

35 La sensibilité maximale du dispositif est

obtenue lorsque l'axe longitudinal du barreau est parallèle aux lignes de champ magnétique.

Un dispositif conforme à l'invention, qui est de plus saturé avec un faible champ magnétique, peut  
5 être placé dans le champ magnétique de fuite de l'onduleur d'un laser à électrons libres pour évaluer, avec une très grande précision, les variations du champ magnétique principal B sur l'axe Z de cet onduleur à partir de l'évaluation des variations du champ de  
10 fuite.

Selon un premier mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention, ce dispositif comprend, sur le circuit magnétique, un bobinage primaire et un bobinage secondaire qui est  
15 espacé du bobinage primaire, de sorte qu'en appliquant entre les bornes du bobinage primaire une tension électrique alternative, il apparaît entre les bornes du bobinage secondaire une tension électrique qui est modulée par le champ magnétique et qui permet de  
20 détecter ce champ et les variations de celui-ci.

Dans ce cas, le dispositif peut comprendre en outre :

- une source apte à créer la tension électrique alternative entre les bornes du bobinage  
25 primaire, et

- des moyens électroniques de traitement de la tension électrique qui apparaît entre les bornes du bobinage secondaire, ces moyens électroniques de traitement étant aptes à fournir un signal électrique  
30 représentatif du champ magnétique.

Le premier mode de réalisation particulier constitue un "transformateur à variation de perméabilité".

En effet, le circuit magnétique et les deux  
35 bobinages forment un transformateur (dont le noyau est



constitué par le circuit magnétique) et une variation du champ magnétique induit une variation de la perméabilité du noyau du dispositif qui, à son tour, provoque une variation de la tension aux bornes du bobinage secondaire.

La fréquence de la tension alternative appliquée entre les bornes du bobinage primaire est choisie en fonction de la largeur de la bande passante souhaitée pour le dispositif, c'est-à-dire en fonction de la gamme des fréquences des champs magnétiques que l'on souhaite détecter.

En alimentant le bobinage primaire avec une tension alternative de haute fréquence (de l'ordre de quelques centaines de kHz), on peut mesurer, avec une bonne précision, des variations temporelles de champ magnétique dans un domaine de fréquences allant de 0 à quelques kHz.

En fait, plus on souhaite une large bande passante, plus la fréquence de la tension d'alimentation du bobinage primaire doit être grande.

De préférence, dans le premier mode de réalisation particulier, le dispositif comprend en outre un condensateur qui est monté entre les bornes du bobinage secondaire, ce dernier formant, avec ce condensateur, un circuit oscillant.

La fréquence de la source sera ajustée sur le flanc inférieur de la courbe de résonance du circuit oscillant.

Ceci permet d'augmenter la sensibilité du "transformateur à variation de perméabilité".

On règle par exemple la fréquence de la source à une valeur qui est inférieure à la fréquence de résonance du circuit oscillant et qui correspond à la largeur à mi-hauteur ("full width at half maximum") de la courbe de résonance.

Pour obtenir une sensibilité encore plus grande, il est préférable que le rapport de transformation du transformateur formé par le circuit magnétique et les bobinages primaire et secondaire soit supérieur à 1.

Le dispositif peut comprendre en outre une source de tension électrique continue réglable qui est montée entre les bornes du bobinage primaire afin de permettre une modification du point de fonctionnement du dispositif.

Selon un deuxième mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention, ce dispositif comprend en outre :

- un condensateur qui est monté entre les bornes du bobinage, ce dernier formant, avec ce condensateur, un circuit oscillant, et

- un oscillateur dont le circuit de pilotage en fréquence est constitué par ce circuit oscillant, de sorte que la fréquence de cet oscillateur varie en fonction du champ magnétique.

De préférence, le circuit magnétique utilisé dans la présente invention est lamellaire afin d'atténuer les courants de Foucault induits dans le circuit magnétique lorsqu'on utilise le dispositif.

La présente invention a également pour objet un système de régulation d'un champ magnétique, système caractérisé en ce qu'il comprend :

- au moins un dispositif de détection du champ magnétique, conforme à l'un quelconque des premier et deuxième modes de réalisation particuliers,

- des moyens de comparaison d'un signal qui est représentatif du champ magnétique et qui est fourni par le dispositif, à une valeur de référence de champ magnétique, ces moyens de comparaison étant prévus pour fournir un signal représentatif de l'écart entre le

champ détecté et la valeur de référence,

- au moins un bobinage correcteur prévu pour modifier le champ magnétique lorsque ce bobinage correcteur est activé, et

5                   - des moyens d'activation de ce bobinage correcteur en fonction du signal représentatif dudit écart, de telle façon que le champ magnétique soit maintenu à la valeur de référence.

10                   Selon un mode de réalisation particulier de ce système, le champ magnétique étant créé dans au moins un entrefer magnétique, cet entrefer est associé à au moins un bobinage correcteur et le circuit magnétique est placé en dehors de cet entrefer, au voisinage de ce dernier.

15                   Ceci permet de détecter un champ magnétique de fuite, le champ magnétique créé dans l'entrefer étant corrigé à partir de la valeur du champ de fuite détecté et à l'aide du bobinage correcteur associé à l'entrefer.

20                   Dans une réalisation particulière, le champ magnétique étant créé dans une pluralité d'entrefers faisant partie d'un onduleur de laser à électrons libres, chaque entrefer est associé à au moins un bobinage correcteur ; le circuit magnétique de chaque  
25                   dispositif de détection comporte un bobinage primaire et un bobinage secondaire et est placé dans le champ de fuite d'au moins l'un des pôles définissant l'entrefer associé à ce circuit, de façon à maintenir le champ magnétique de chaque entrefer à une valeur de référence  
30                   à partir de la valeur du champ de fuite détecté, correspondant à cet entrefer.

35                   La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après à titre purement indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés sur

lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, représente schématiquement un onduleur de laser à électrons libres,

5           - la figure 2 est une vue schématique d'un dispositif conforme à l'invention, comportant un bobinage primaire et un bobinage secondaire sur un barreau en Mumétal,

10           - la figure 3 représente le dispositif de la figure 2, muni d'une source de tension d'excitation du bobinage primaire et de moyens de traitement des signaux fournis par le bobinage secondaire,

15           - la figure 4 représente schématiquement la courbe de résonance du circuit oscillant que forme le bobinage secondaire du dispositif de la figure 3, en association avec un condensateur,

20           - la figure 5 représente schématiquement un onduleur de laser à électrons libres, muni de dispositifs conformes à l'invention, ainsi qu'un système conforme à l'invention, permettant la régulation du champ magnétique dans l'onduleur, et

            - la figure 6 est une vue schématique d'un autre dispositif conforme à l'invention, comportant un seul bobinage sur un barreau en Mumétal.

25           Le dispositif 3 conforme à l'invention, qui est schématiquement représenté sur la figure 2, comprend un barreau 4 en Mumétal de perméabilité magnétique maximale 100 000 et, sur ce barreau, un bobinage primaire 6 placé du côté d'une extrémité du barreau et un bobinage secondaire 8 placé du côté de  
30           l'autre extrémité du barreau.

35           Les bobinages ou enroulements sont suffisamment espacés l'un de l'autre pour éviter une mutuelle induction qui masquerait les effets de variation de perméabilité en cours d'utilisation.

Pour atténuer les courants de Foucault qui apparaissent dans le barreau lors de l'utilisation du dispositif, ce barreau est fait d'un empilement de lamelles de Mumétal électriquement isolées les unes des autres.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, le barreau a une longueur de 20 mm, une largeur de 6 mm et une épaisseur de 1,5 mm ; l'enroulement primaire comporte 75 spires et l'enroulement secondaire comporte 150 spires, d'où un rapport de transformation égal à 2 ; les enroulements primaire et secondaire sont tous deux constitués de fil de cuivre de 0,16 mm de diamètre ; l'espacement entre ces enroulements est d'environ 1 mm.

Pour détecter un champ magnétique B1 (figure 3), le dispositif 3 est placé dans ce champ B1, parallèlement aux lignes de champ.

Au préalable, le dispositif 3 est muni d'une source de tension électrique 10 de haute fréquence dont les bornes de sortie sont respectivement reliées aux bornes du bobinage primaire 6, et un condensateur 12 est monté entre les bornes du bobinage secondaire 8.

La capacité du condensateur 12 est par exemple de l'ordre de 250 pF.

On utilise de préférence une source 10 de grande stabilité en amplitude (de l'ordre de  $10^{-4}$ ) et de grande stabilité en fréquence (de l'ordre de  $10^{-5}$ ).

L'ensemble constitué par le bobinage secondaire 8 et par le condensateur 12 forme un circuit oscillant.

En considérant par exemple un champ magnétique dont les évolutions en fréquence vont de 0 Hz à 5 kHz, on peut utiliser une source 10 de fréquence  $F_p$  égale à 300 kHz pour suivre les variations du champ B1 avec une bonne précision.

De plus, en utilisant une source 10 qui fournit une tension de haute fréquence (onde porteuse) dont l'amplitude est grande (par exemple 23 V crête à crête), le transformateur constitué par le barreau 4 et par les bobinages 6 et 8 a une grande immunité au bruit.

Cette immunité est d'ailleurs renforcée par le circuit oscillant (bobinage secondaire 8 et condensateur 12) qui fait office de filtre.

La fréquence de résonance  $F_r$  de ce circuit oscillant est modulée par les variations du champ magnétique (qui provoquent des variations de la perméabilité magnétique du barreau 4).

Cette fréquence de résonance  $F_r$  augmente avec le champ  $B_1$ .

En effet, si  $B_1$  augmente, la perméabilité du Mumétal diminue, l'auto-inductance du bobinage secondaire diminue et, par conséquent, la fréquence de résonance augmente (et la tension entre les bornes du bobinage secondaire diminue).

Initialement, c'est-à-dire avant de mettre le dispositif 3 dans le champ  $B_1$ , la fréquence porteuse  $F_p$  est ajustée sur le maximum de la courbe de résonance donnant l'amplitude maximum  $U$  de la tension aux bornes du bobinage secondaire en fonction de la fréquence  $F$  de cette tension (voir figure 4).

En introduisant le dispositif dans le champ  $B_1$ , les variations de la perméabilité du noyau et la variation de la fréquence de résonance qui en résultent concourent ensemble et dans le même sens à la diminution de la tension de sortie du transformateur (tension entre les bornes du bobinage secondaire) que l'on ajuste à la moitié de sa valeur maximum.

Le point de fonctionnement ainsi déterminé a deux caractéristiques :

a) sensibilité la plus grande

b) meilleure linéarité.

Pour la détection du champ magnétique, le dispositif 3 est également muni de moyens de traitement de la tension de sortie, modulée en amplitude, qui est disponible aux bornes du bobinage secondaire 8.

Ces moyens de traitement comprennent des moyens 14 de détection à double alternance et de filtrage de cette tension, le filtrage permettant d'éliminer la partie du signal qui est due à l'onde porteuse, d'où un signal représentatif du champ magnétique.

Ce dernier signal peut être amplifié par un amplificateur à seuil 16 afin d'augmenter la sensibilité du dispositif.

On utilise par exemple un amplificateur à seuil de gain 4, qui permet d'obtenir une sensibilité de l'ordre de 400 V/T.

Grâce à la grande souplesse d'adaptation du dispositif, de plus grandes sensibilités peuvent être obtenues (par exemple 10 kV/T) mais au préjudice de la dynamique et de la stabilité électronique.

La linéarité est supérieure à  $10^{-3}$  sur 10% de la dynamique et la stabilité en température est de l'ordre de  $2 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$  avec le dispositif dont les caractéristiques ont été données plus haut à titre purement indicatif et nullement limitatif pour le barreau et les bobinages.

Le signal S fourni par l'amplificateur 16 peut être envoyé à des moyens de visualisation pour observer les variations de champ magnétique ou, comme on le verra par la suite, à des moyens permettant la régulation du champ en vue de le maintenir à la valeur souhaitée.

En vue de modifier la position du point de

fonctionnement du dispositif, c'est-à-dire le milieu de l'intervalle des valeurs de champ magnétique que l'on peut détecter, on peut monter entre les bornes du bobinage primaire 6, une source de tension continue 18  
5 réglable.

Cette source 18 permet d'injecter un courant continu dans le bobinage primaire, courant qui modifie l'état de saturation du Mumétal du dispositif 3.

En variante, pour modifier la position du  
10 point de fonctionnement, on peut modifier le volume de Mumétal.

Dans le cas d'un circuit magnétique (en forme de barreau dans le cas présent) lamellaire, ceci peut être obtenu en augmentant ou en diminuant le nombre de  
15 lamelles de ce circuit magnétique.

La figure 5 illustre schématiquement une application du dispositif 3 à la régulation du champ magnétique dans un onduleur de laser à électrons libres.

On voit sur la figure 5 les aimants  
20 permanents 2 de l'onduleur.

La disposition de ces aimants a été expliquée dans la description de la figure 1.

Pour la régulation du champ B, on cherche à  
25 maintenir à une valeur déterminée le champ sur l'axe Z, au niveau d'un entrefer 20 défini par un pôle Nord et un pôle Sud en regard l'un de l'autre et ce, pour chaque entrefer de l'onduleur.

Pour ce faire, on détecte non pas le champ  
30 dans l'entrefer mais un champ de fuite au voisinage dudit entrefer.

La détection est réalisée au moyen de dispositifs 3 qui sont respectivement associés aux entrefers.

35 Ces dispositifs 3 forment une rangée qui est



parallèle à l'axe Z et qui est située d'un même côté d'une même rangée de pôles, chaque dispositif 3 étant placé en dehors de l'entrefer associé et au voisinage de ce dernier, comme on le voit sur la figure 5.

5                    On voit aussi sur cette figure 5 des couples de bobines de correction 22 et 24, chaque couple étant associé à un entrefer et destiné à corriger le champ magnétique sur l'axe Z, dans cet entrefer, lorsque ce champ s'écarte de la valeur déterminée ou valeur de  
10                    référence.

                  Pour chaque couple, les bobines 22 et 24 sont montées en série et respectivement formées sur les deux pôles qui définissent l'entrefer correspondant, comme on le voit sur la figure 5.

15                    On voit sur cette figure 5 le système de régulation du champ sur l'axe Z ou champ central.

                  Ce système comprend, pour chaque dispositif 3, l'ensemble représenté sur la figure 3, excepté qu'on peut utiliser une même source 10 pour une dizaine de  
20                    dispositifs 3 qui sont respectivement munis de sources 18 si on le souhaite.

                  De plus, chaque ensemble comprend des moyens 26 de comparaison du champ magnétique, qui est mesuré par le dispositif 3 associé, à un champ magnétique de  
25                    référence ainsi que des moyens 28 de commande des bobines 22 et 24 associé à ce dispositif 3.

                  Les moyens de comparaison 26 reçoivent en entrée le signal de sortie de l'amplificateur 16 associé.

30                    Ce signal de sortie, qui dépend du champ de fuite mesuré, est comparé à une référence qui résulte de la transformation d'une valeur de référence de champ central par une fonction de transfert.

                  Cette fonction de transfert est préalablement  
35                    déterminée par étalonnage.

Les moyens de comparaison 26 fournissent en sortie un signal d'erreur qui est envoyé à l'entrée des moyens de commande 28.

5 Ces derniers fournissent aux bobines 22 et 24 correspondantes une intensité électrique qui dépend du signal d'erreur et qui permet à ces bobines d'engendrer un champ magnétique de correction.

Cette intensité électrique est du type impulsionnel.

10 En effet, le dispositif 3 est exploité sur un onduleur dans lequel on introduit un courant électronique impulsionnel.

Dès lors, il suffit de préserver le champ magnétique pendant le passage de l'impulsion électronique (200 microsecondes toutes les 2 ms par exemple) pour améliorer ainsi fortement le rendement des bobines de correction.

15 Sur la figure 6, on a représenté schématiquement un autre dispositif 30 conforme à l'invention.

20 Ce dispositif 30 est identique à celui qui est représenté sur la figure 2 excepté que le dispositif 30 ne comporte qu'une seule bobine 32 sur le barreau 4.

25 Un condensateur 34 est monté entre les bornes de la bobine 32.

On obtient ainsi un circuit résonnant que l'on peut utiliser en tant que circuit de pilotage en fréquence d'un oscillateur 35.

30 Le reste de cet oscillateur est symbolisé par le bloc 36 sur la figure 6.

Le champ magnétique à détecter fait varier la fréquence de résonance du circuit et la fréquence de l'oscillateur est ainsi modulée par le champ.

35 Les variations de champ magnétique sont

obtenues à l'aide de moyens 38 de détection de fréquence qui reçoivent en entrée un signal de fréquence de la part de l'oscillateur et qui fournissent en sortie un signal représentatif du champ magnétique détecté.

On peut encore réguler le champ magnétique, par exemple à l'aide de bobines correctrices, en ajoutant aux moyens 38 des moyens de comparaison du champ détecté à une valeur de référence de champ et des moyens de commande des bobines qui reçoivent en entrée un signal d'erreur fourni par les moyens de comparaison et qui activent les bobines pour maintenir le champ magnétique à la valeur souhaitée.

On notera que la conception du dispositif objet de l'invention est simple et n'implique que des matériaux commercialement disponibles, d'où une fabrication aisée du dispositif.

Un dispositif conforme à l'invention et de faible volume est réalisable et un tel dispositif est insérable dans des structures magnétiques compactes et complexes.

Le dispositif objet de l'invention est adaptable aux mesures de champs magnétiques que l'on veut réaliser, en modifiant la forme de ce dispositif (par enlèvement ou adjonction de lamelles pour un dispositif comportant un circuit magnétique lamellaire), afin de modifier le point de fonctionnement du dispositif, ou en modifiant les caractéristiques de l'électronique associée au dispositif.

Sa sensibilité (quelques milliers de fois celle d'une jauge de Hall), au prix d'une dynamique faible (20%) dont le déplacement autour du point de fonctionnement est aisé, alliée à une faible dépendance en température, permet au transformateur à variation de

perméabilité de s'insérer parfaitement dans un onduleur actif et cela malgré toutes les contraintes dues aux radiations engendrées par le faisceau d'électrons provenant de l'accélérateur.

5                    Avec un tel transformateur, il a été possible de stabiliser le champ magnétique d'une maquette d'onduleur et de préserver une précision relative du champ magnétique de  $10^{-3}$  pour une variation de température de  $3^{\circ}\text{C}$ , pendant plusieurs heures.

10                   Sans cette stabilisation, la variation relative du champ magnétique aurait été de  $2 \cdot 10^{-3}$  par  $^{\circ}\text{C}$ .

## REVENDECATIONS

1. Dispositif de détection d'un champ magnétique, caractérisé en ce qu'il comprend un circuit magnétique (4) en alliage magnétique doux et, sur ce circuit magnétique, au moins un bobinage (6, 8-32), la tension électrique, qui apparaît entre les bornes du bobinage lorsque le dispositif est placé dans un champ magnétique conduisant à la saturation de l'alliage magnétique doux du circuit magnétique, permettant de détecter ce champ magnétique et les variations de celui-ci.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend, sur le circuit magnétique (4), un bobinage primaire (6) et un bobinage secondaire (8) qui est espacé du bobinage primaire, de sorte qu'en appliquant entre les bornes du bobinage primaire une tension électrique alternative, il apparaît entre les bornes du bobinage secondaire une tension électrique qui est modulée par le champ magnétique et qui permet de détecter ce champ et les variations de celui-ci.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- une source (10) apte à créer la tension électrique alternative entre les bornes du bobinage primaire (6), et

- des moyens électroniques (14) de traitement de la tension électrique qui apparaît entre les bornes du bobinage secondaire (8), ces moyens électroniques de traitement étant aptes à fournir un signal électrique représentatif du champ magnétique.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un condensateur (12) qui est monté entre les bornes du

bobinage secondaire (8), ce dernier formant, avec ce condensateur, un circuit oscillant, la fréquence de la source (10) étant ajustée sur le flanc inférieur de la courbe de résonance de ce circuit oscillant.

5                    5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le rapport de transformation du transformateur formé par le circuit magnétique (4) et les bobinages primaire (6) et secondaire (8) est supérieur à 1.

10                   6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une source de tension électrique continue (18) réglable qui est montée entre les bornes du bobinage primaire (6).

15                   7. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- un condensateur (34) qui est monté entre les bornes du bobinage (32), ce dernier formant, avec ce condensateur, un circuit oscillant, et
- 20                   - un oscillateur (35) dont le circuit de pilotage en fréquence est constitué par ce circuit oscillant, de sorte que la fréquence de cet oscillateur varie en fonction du champ magnétique.

25                   8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le circuit magnétique (4) est en forme de barreau.

                    9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le circuit magnétique (4) est lamellaire.

30                   10. Système de régulation d'un champ magnétique, système caractérisé en ce qu'il comprend :

- au moins un dispositif (3, 32) de détection du champ magnétique, conforme à l'une quelconque des revendications 3 et 7,
- 35                   - des moyens (26) de comparaison d'un signal

qui est représentatif du champ magnétique et qui est  
fourni par le dispositif, à une valeur de référence de  
champ magnétique, ces moyens de comparaison étant  
prévus pour fournir un signal représentatif de l'écart  
5 entre le champ détecté et la valeur de référence,

- au moins un bobinage correcteur (22, 24),  
prévu pour modifier le champ magnétique lorsque ce  
bobinage correcteur est activé, et

- des moyens (28) d'activation de ce bobinage  
10 correcteur en fonction du signal représentatif dudit  
écart, de telle façon que le champ magnétique soit  
maintenu à la valeur de référence.

11. Système selon la revendication 10,  
caractérisé en ce que, le champ magnétique étant créé  
15 dans au moins un entrefer magnétique (20), cet entrefer  
est associé à au moins un bobinage correcteur (22, 24)  
et en ce que le circuit magnétique est placé en dehors  
de cet entrefer, au voisinage de ce dernier, ce qui  
permet de détecter un champ magnétique de fuite, le  
20 champ magnétique créé dans l'entrefer étant corrigé à  
partir de la valeur du champ de fuite détecté et à  
l'aide du bobinage correcteur associé à l'entrefer.

12. Système selon la revendication 11,  
caractérisé en ce que, le champ magnétique étant créé  
25 dans une pluralité d'entrefers (20) faisant partie d'un  
onduleur de laser à électrons libres, chaque entrefer  
est associé à au moins un bobinage correcteur, le  
circuit magnétique (4) de chaque dispositif de  
détection comportant un bobinage primaire (6) et un  
30 bobinage secondaire (8) et étant placé dans le champ de  
fuite d'au moins l'un des pôles définissant l'entrefer  
associé à ce circuit, de façon à maintenir le champ  
magnétique de chaque entrefer à une valeur de référence  
à partir de la valeur du champ de fuite détecté,  
35 correspondant à cet entrefer.

1, 3

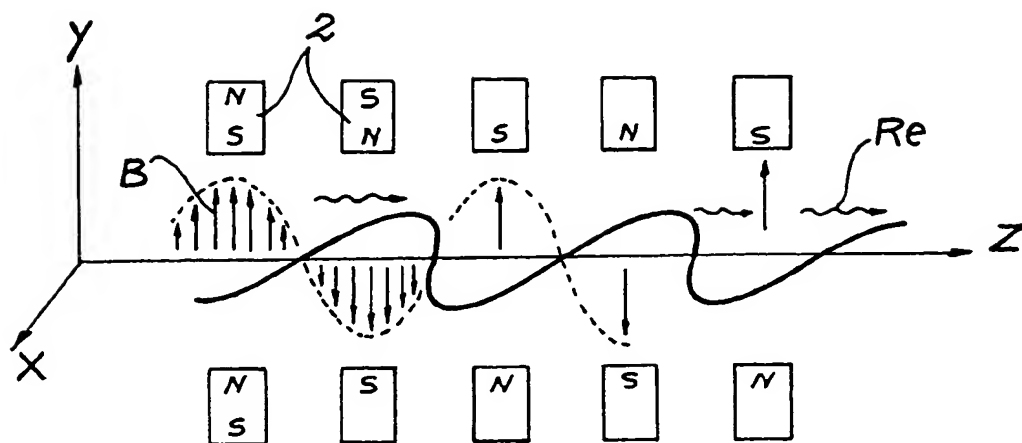


FIG. 1

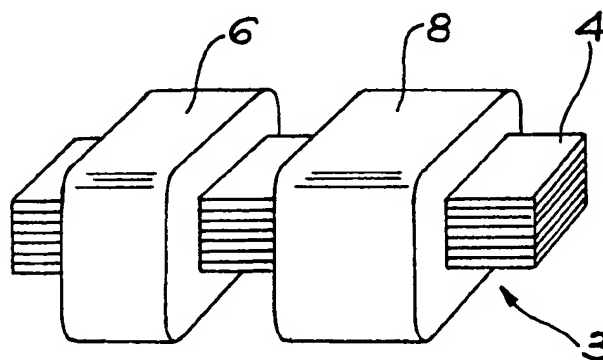


FIG. 2

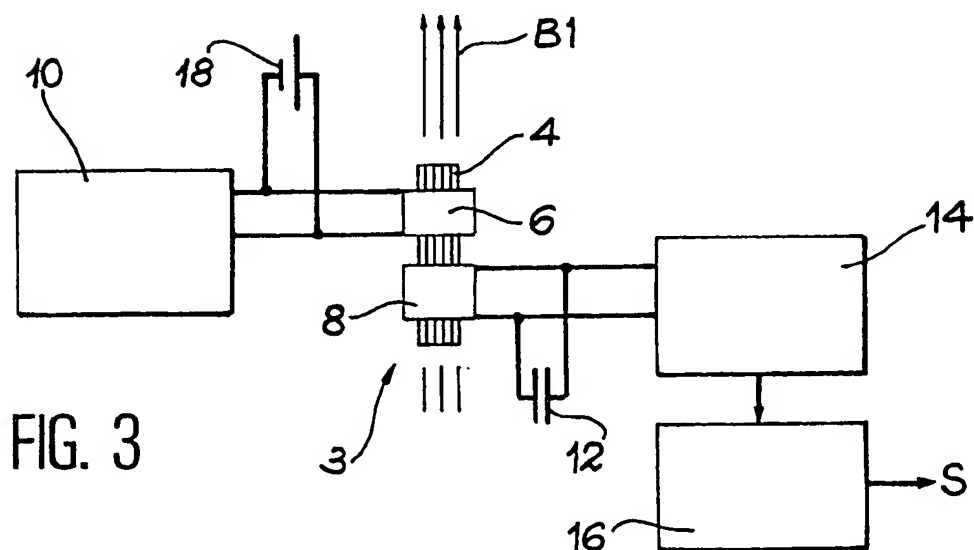
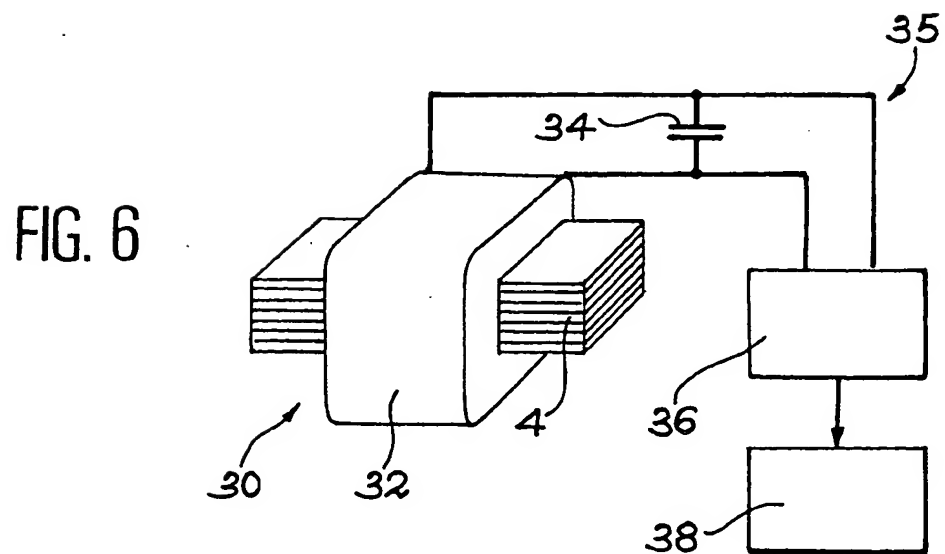
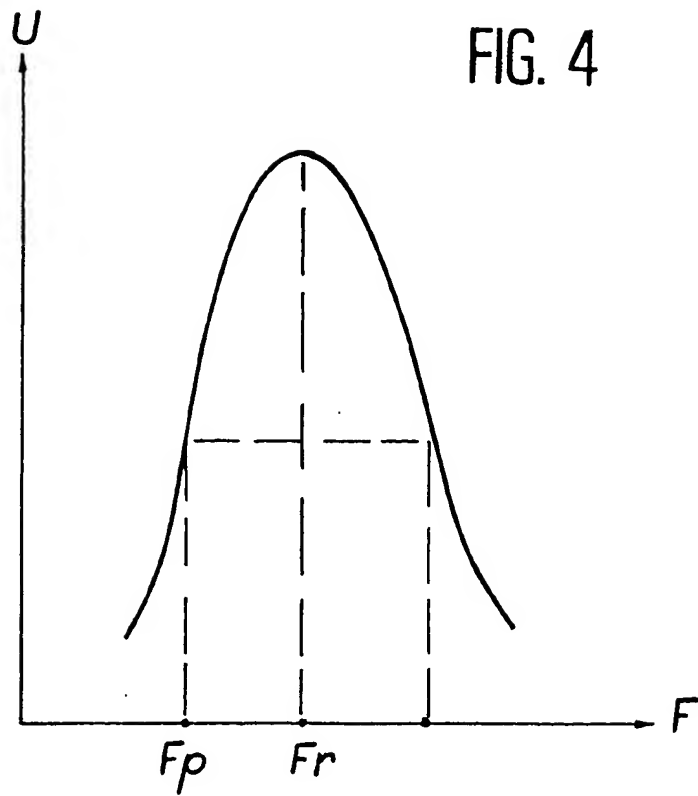


FIG. 3

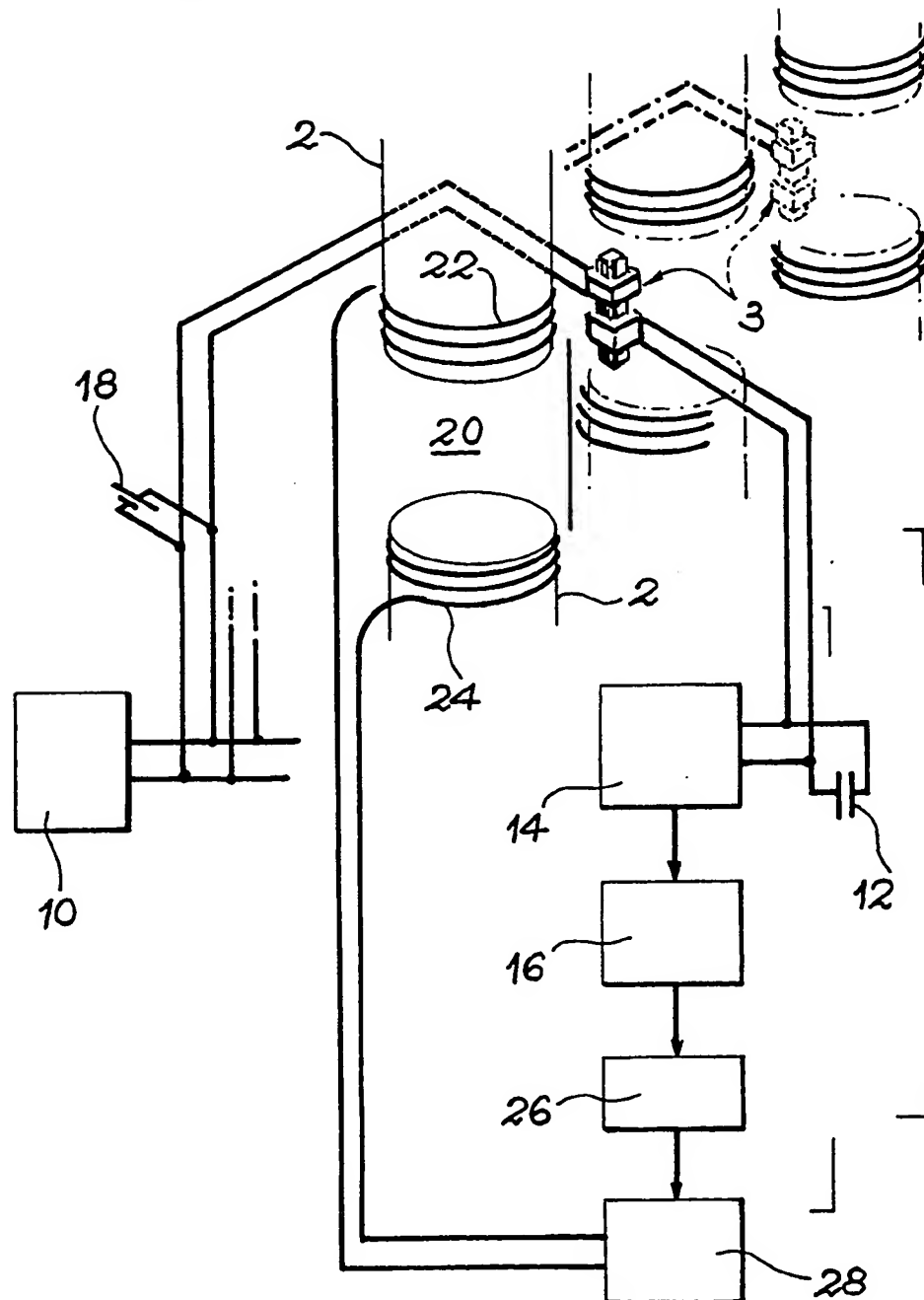


2,3



3,3

FIG. 5



INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLERAPPORT DE RECHERCHE  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la rechercheFR 9006859  
FA 448756

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	FR-A-1 210 668 (VYZKUMNY A ZKUSEBNI) * Résumé; page 3, colonne 2, lignes 1-23; figure 7 *	1,3,8,9
Y	---	4,6
Y	GB-A-1 251 553 (BURROUGHS CORP.) * Page 3, lignes 47-65; page 7, lignes 44-52; page 8, lignes 38-72; figures 1,2,3,6,11 *	4,6
A	IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, vol. 24, no. 2, mars 1988, pages 986-989, New York, US; G.A. DEIS et al.: "Electromagnetic wiggler technology development at the Lawrence Livermore national laboratory" * Résumé; page 989, colonne 1, lignes 3-28 *	10-12
A	IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, vol. 24, no. 1, janvier 1988, pages 635-664, New York, US; B.-Z. KAPLAN et al.: "DC magnetic field sensor employing multifield Eddy-current effects" * Résumé; figure 7 *	10-12
A	EP-A-0 065 589 (SIEMENS AG) -----	1-4,7,8
Date d'achèvement de la recherche 28-03-1991		Examineur HAASBROEK J.N.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

EPO FORM 1501 03.82 (P0413)